

## ОПТИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ BZG ОБЪЕКТОВ ИЗ КАТАЛОГА БЛАЗАРОВ BZCAT

А.В.АБРАМЯН, А.М.МИКАЕЛЯН, Г.М.ПАРОНЫАН,  
Г.А.МИКАЕЛЯН, А.Г.СУКИАСЯН

Поступила 7 декабря 2022

Принята к печати 3 февраля 2023

В каталоге блазаров BZCAT объекты разделены на 4 типа: BZB, BZQ, BZG и BZU. В данной работе исследуются объекты BZG с целью определения их физической природы. Из 274 BZG объектов 150 имеют оптические спектры в спектроскопическом каталоге SDSS, для которых была проведена детальная спектральная классификация. Радио исследование показало, что эти объекты в основном (69%) имеют плоский радио спектр со спектральным индексом меньше, чем  $\pm 0.5$ . С такими радио спектрами доминируют квазары. Но, с увеличением расстояния, в среднем радио спектр становится более крутым.

**Ключевые слова:** *блазар: квазар: оптическая спектральная классификация: радио спектральный индекс*

**1. Введение.** Среди активных галактических ядер (АЯГ) наиболее интересны блазары с комбинациями двух подтипов: а) объекты BL Lac (BLL) и особые типы квазаров (QSO) - оптически сильные переменные (OVV) и б) высокополяризованные квазары (HPQ). Блазар характеризуется как очень компактный квазар, связанный с предполагаемой сверхмассивной черной дырой (Super Massive Black Hole) в центре активной гигантской эллиптической галактики. Блазары являются самыми энергетическими объектами во Вселенной [1]. Первоначально объект BL Lac был обнаружен Хоффмейстером [2] как переменная звезда, а позже он был идентифицирован Шмиттом [3] с внегалактическим источником.

Массаро и др. [1] представили каталог блазаров BZCAT v.5, в котором они распределены на 4 типа: BZB (Лацертиды, BL Lac или BLL), BZQ (Квазары), BZG (Галактики) и BZU (Неопределенный класс). В табл.1 дано распределение типов блазаров из каталога BZCAT.

В одной из наших предыдущих работ мы исследовали и классифицировали объекты BZU. Данная работа посвящена детальной спектральной классификации блазаров типа BZG из каталога BZCAT.

**2. Выборка объектов.** Для исследования были отобраны объекты BZG из каталога BZCAT. Из табл.1 видно, что мы имеем 274 галактики. Для 150

Таблица 1

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТИПОВ БЛАЗАРОВ ИЗ КАТАЛОГА BZCAT

| N     | Тип блазара | Число |        |
|-------|-------------|-------|--------|
| 1     | BZB         | 1151  | 32.3 % |
| 2     | BZG         | 274   | 7.7 %  |
| 3     | BZQ         | 1909  | 53.6 % |
| 4     | BZU         | 227   | 6.4 %  |
| Всего |             | 3561  | 100 %  |

из 274 BZG объектов имеются оптические спектры в спектроскопическом каталоге SDSS DR16 [4]. Для этих объектов мы провели детальную классификацию, используя спектры SDSS.

Используя данные разных каталогов и баз данных VCV-13 [5], NASA/IPAC Extragalactic Database (NED) и SDSS [4], мы выяснили какую оптическую классификацию имели эти источники до нашей классификации. В табл.2 представлены эти данные.

Как видно из табл.2, эти объекты не имеют детальную оптическую классификацию. Они были классифицированы как галактики, потому что в оптическом диапазоне (на оптических изображениях) имеют протяженный вид. На рис.1 представлены оптические изображения двух таких протяженных блазаров.

Очень часто измерения спектров SDSS основаны на линиях на уровне шума и низкого качества. В результате автоматические измерения приводят к некоторым неправдоподобным результатам. Таким образом, необходимо

Таблица 2

## КЛАССИФИКАЦИЯ BZG ОБЪЕКТОВ ИЗ VCV-13, NED И SDSS

| Классификация                    | SDSS спектры | VCV-13 | NASA/IPAC |
|----------------------------------|--------------|--------|-----------|
| S1                               | -            | 8      | 5         |
| S2                               | -            | 4      | 1         |
| S3 (LINER)                       | -            | 2      | -         |
| S?                               | -            | 1      | -         |
| BL                               | -            | 54     | 49        |
| BL?                              | -            | 33     | 6         |
| QSO                              | 7            | 2      | -         |
| AGN                              | -            | 2      | -         |
| Galaxy                           | 143          | -      | -         |
| Flat-Spectrum radio source (FSS) | -            | -      | 21        |
| Всего                            | 150          | 106    | 82        |

тщательно проверить спектры на всех длинах волны и решить, какие измерения следует использовать для дальнейших исследований. Особенно важны те линии, которые используются в диагностических диаграммах ( $H\beta$ ,  $[OIII]$  5007 Å,  $[OI]$  6300 Å,  $H\alpha$ ,  $[NII]$  6583 Å, и  $[SII]$  6716+6731 Å) [6].

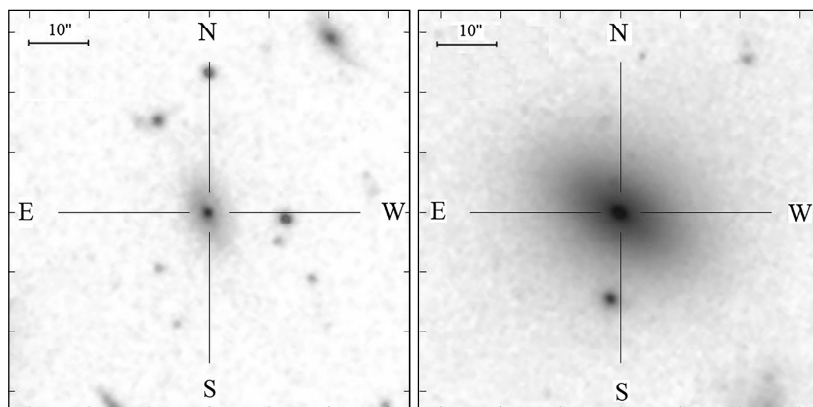


Рис.1. Оптические изображения протяженных блазаров 5BZG J0850+4036 и 5BZG J0906+4124 из SDSS.

**3. Спектральная классификация.** В этой работе было использовано несколько методов для классификации исследуемых спектров [7,8]:

1. Визуальный метод (с учетом всех тонкостей и эффектов, в т.ч. возможных широких линий, не выявляющихся на диагностических диаграммах).
2. Диагностические диаграммы с использованием отношений интенсивностей линий  $[OIII]/H\beta$  и  $[OI]/H\alpha$  [9].
3. Диагностические диаграммы с использованием отношений интенсивностей линий  $[OIII]/H\beta$  и  $[NII]/H\alpha$  [9].
4. Диагностические диаграммы с использованием отношений интенсивностей линий  $[OIII]/H\beta$  и  $[SII]/H\alpha$  [9].

Для этих объектов в спектрах, в основном, линии  $H\alpha$  и  $H\beta$  отсутствовали, поэтому мы выполнили классификации только с визуальным методом.

В табл.3 и на рис.2 приведена наша спектральная классификация для 150 BZG объектов с использованием SDSS спектров.

Из табл.3 и рис.2 видно, что эти объекты в основном являются Em и Abs (около 80%) галактиками и до нас не были классифицированы. 30 (20%) объектов (S, LINER и Composite) не имели оптической классификации или изменили класс, только 5BZG J1532+3020 блазар был классифицирован как LINER и остался как LINER. Итак, можно заключить, что мы даем детальную оптическую классификацию практически для всех 150 объектов.

Таблица 3

### КЛАССИФИКАЦИЯ BZG ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SDSS СПЕКТРОВ

|            |            |
|------------|------------|
| S1.2       | 1 (0.7%)   |
| S1.5       | 1 (0.7%)   |
| S1.8       | 1 (0.7%)   |
| LINER      | 18 (12%)   |
| S1.8/LINER | 8 (5.2%)   |
| S2.0/LINER | 1 (0.7%)   |
| Em         | 42 (28%)   |
| Abs        | 78 (52%)   |
| Всего      | 150 (100%) |

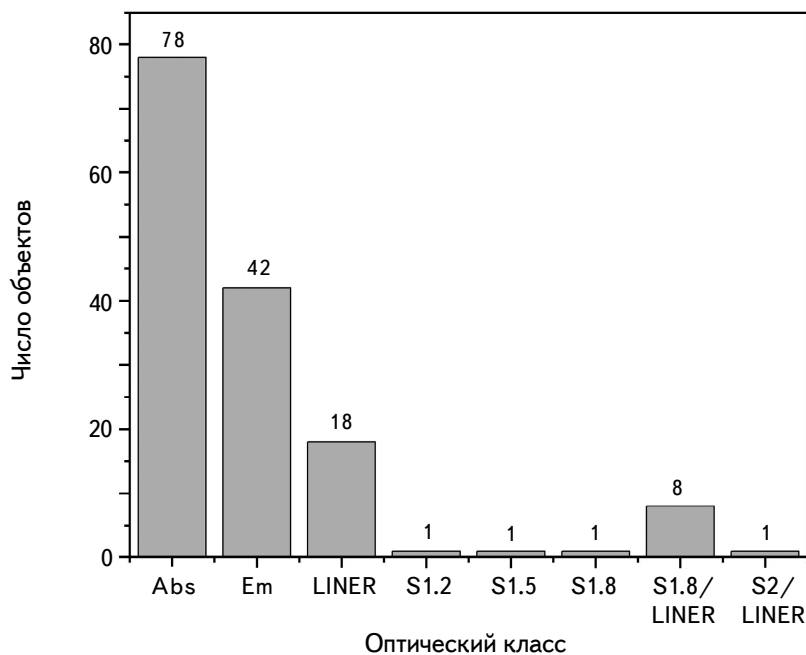


Рис.2. Новая классификация BZG объектов с использованием SDSS спектров.

В табл.4 представлена наша детальная классификация 150 BZG объектов с использованием SDSS спектров.

На рис.3, 4 и 5 представлены типичные спектры BZG объектов типа S, LINER и Composite.

Таблица 4

## СПИСОК 150 VZG ОБЪЕКТОВ, КЛАССИФИЦИРОВАННЫХ С ПОМОЩЬЮ СПЕКТРОВ SDSS

| Название<br>объекта<br>(5BZG) | SDSS   |                                    |                     | Радио<br>спект-<br>ральный<br>индекс | Прежняя<br>оптическая<br>классификация |     |         | Новая<br>оптическая<br>классифи-<br>кация |
|-------------------------------|--------|------------------------------------|---------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|-----|---------|-------------------------------------------|
|                               | г      | Абсолютная<br>звездная<br>величина | Красное<br>смещение |                                      | SDSS                                   | VCV | NED     |                                           |
| 1                             | 2      | 3                                  | 4                   | 5                                    | 6                                      | 7   | 8       | 9                                         |
| J0001-1031                    | 17.846 | -21.72                             | 0.2516              | -0.2                                 | GAL                                    | BL  | -       | Abs                                       |
| J0014+0854                    | 17.191 | -21.84                             | 0.1633              | -0.6                                 | GAL                                    | BL  | FSS     | Em                                        |
| J0022+0006                    | 18.557 | -21.25                             | 0.3057              | -                                    | GAL                                    | BL  | BL Lac  | Abs                                       |
| J0027+2607                    | 18.26  | -21.81                             | 0.3645              | -0.22                                | GAL                                    | BL  | -       | LINER                                     |
| J0056-0936                    | 15.193 | -21.38                             | 0.1031              | -0.33                                | GAL                                    | -   | -       | Em                                        |
| J0059-0150                    | 17.135 | -21.95                             | 0.1439              | -0.18                                | GAL                                    | -   | -       | Abs                                       |
| J0103+1526                    | 17.213 | -22.02                             | 0.2461              | -0.32                                | GAL                                    | BL  | FSS     | Em                                        |
| J0106+2539                    | 17.41  | -21.4                              | 0.1975              | 0.18                                 | GAL                                    | BL  | FSS     | LINER                                     |
| J0146-0551                    | 19.816 | -20.99                             | 0.4992              | -0.44                                | GAL                                    | BL  | BL Lac  | Em                                        |
| J0153-0118                    | 17.681 | -21.96                             | 0.2445              | -0.84                                | GAL                                    | BL? | -       | Abs                                       |
| J0202-0559                    | 17.592 | -21.89                             | 0.1895              | -0.4                                 | GAL                                    | -   | FSS     | LINER                                     |
| J0737+3517                    | 16.665 | -22.6                              | 0.2104              | -0.97                                | GAL                                    | ?   | -       | Em                                        |
| J0741+3205                    | 16.649 | -21.9                              | 0.1792              | -0.37                                | GAL                                    | BL  | -       | Em                                        |
| J0745+3312                    | 17.329 | -22.27                             | 0.2197              | -0.85                                | GAL                                    | -   | -       | Abs                                       |
| J0748+2115                    | 17.297 | -22.51                             | 0.2631              | -                                    | GAL                                    | -   | -       | Em                                        |
| J0749+2313                    | 17.026 | -22.14                             | 0.1741              | -0.43                                | GAL                                    | BL? | BL Lac? | Em                                        |
| J0751+2913                    | 17.847 | -21.46                             | 0.1944              | -                                    | GAL                                    | -   | -       | Abs                                       |
| J0751+1730                    | 16.805 | -22.51                             | 0.1865              | -                                    | GAL                                    | BL  | -       | LINER                                     |
| J0753+2921                    | 17.196 | -22.17                             | 0.161               | -                                    | GAL                                    | BL  | -       | Abs                                       |
| J0754+4202                    | 18.998 | -21.38                             | 0.3692              | -                                    | GAL                                    | BL  | BL Lac  | Abs                                       |
| J0754+4546                    | 19.327 | -21.37                             | 0.4558              | -0.88                                | GAL                                    | -   | -       | Abs                                       |
| J0756+3834                    | 16.968 | -22.3                              | 0.2156              | -0.65                                | GAL                                    | -   | -       | S1.8/LINER                                |
| J0758+2705                    | 17.224 | -21.56                             | 0.0987              | -0.01                                | GAL                                    | BL  | BL Lac  | LINER                                     |
| J0809+3122                    | 18.848 | -21.02                             | 0.2956              | -0.57                                | GAL                                    | BL  | BL Lac  | Em                                        |
| J0809+3455                    | 15.841 | -21.75                             | 0.0825              | -0.32                                | GAL                                    | BL  | BL Lac  | Em                                        |
| J0810+4911                    | 15.644 | -22.69                             | 0.1147              | -                                    | GAL                                    | BL  | -       | Abs                                       |
| J0810+2846                    | 19.044 | -21.11                             | 0.2717              | -                                    | GAL                                    | BL  | BL Lac  | Abs                                       |
| J0814+0857                    | 19.457 | -20.94                             | 0.24                | -                                    | GAL                                    | BL  | -       | Abs                                       |
| J0823+1524                    | 17.121 | -22.12                             | 0.1667              | -                                    | GAL                                    | -   | -       | Em                                        |
| J0828+4153                    | 17.484 | -21.96                             | 0.226               | -0.58                                | GAL                                    | ?   | BL Lac  | Abs                                       |
| J0829+1754                    | 15.622 | -21.96                             | 0.0895              | -0.37                                | GAL                                    | BL? | -       | Em                                        |
| J0831+5400                    | 15.301 | -21.91                             | 0.0617              | 0.51                                 | GAL                                    | -   | -       | LINER                                     |
| J0834+5534                    | 17.186 | -21.62                             | 0.2415              | -0.15                                | QSO                                    | S2  | -       | LINER                                     |
| J0835+1517                    | 16.71  | -22.06                             | 0.1684              | 0.05                                 | GAL                                    | -   | FSS     | Em                                        |
| J0839+4015                    | 16.854 | -22.01                             | 0.1941              | -0.53                                | GAL                                    | -   | -       | Abs                                       |
| J0850+4036                    | 17.43  | -22.11                             | 0.2666              | 0.03                                 | GAL                                    | -   | FSS     | Em                                        |
| J0850+3455                    | 16.194 | -22.12                             | 0.145               | -0.1                                 | GAL                                    | BL  | BL Lac  | Abs                                       |
| J0852+2433                    | 18.305 | -21.5                              | 0.3576              | -0.48                                | GAL                                    | BL  | BL Lac  | Abs                                       |
| J0856+5418                    | 16.708 | -22.75                             | 0.2593              | -0.7                                 | GAL                                    | -   | -       | Abs                                       |

Таблица 4 (Продолжение)

| 1          | 2      | 3      | 4      | 5     | 6   | 7   | 8       | 9          |
|------------|--------|--------|--------|-------|-----|-----|---------|------------|
| J0857+0627 | 19.289 | -20.89 | 0.3379 | -     | GAL | BL? | BL Lac  | Abs        |
| J0903+4055 | 17.128 | -22.19 | 0.1882 | -0.37 | GAL | BL? | BL Lac  | Abs        |
| J0905+4705 | 16.794 | -22.33 | 0.1736 | -0.23 | GAL | -   | FSS     | Em         |
| J0906+4124 | 13.663 | -21.52 | 0.0274 | 0.25  | GAL | -   | FSS     | Em         |
| J0912+5320 | 15.937 | -22.13 | 0.1017 | -0.43 | GAL | S2  | Sy 2    | LINER      |
| J0912+4235 | 17.689 | -22.19 | 0.2662 | -0.88 | GAL | -   | -       | Abs        |
| J0916+5238 | 16.859 | -22.33 | 0.1904 | -0.61 | GAL | BL  | -       | Em         |
| J0927+5545 | 17.425 | -21.97 | 0.221  | -0.54 | GAL | -   | -       | Abs        |
| J0932+3630 | 16.702 | -22.19 | 0.1538 | -0.53 | GAL | BL? | -       | Em         |
| J0940+6148 | 17.653 | -21.88 | 0.2105 | -     | GAL | BL  | BL Lac  | Abs        |
| J0946+5819 | 16.053 | -22.59 | 0.1469 | -0.42 | GAL | -   | -       | Em         |
| J0948+5535 | 15.82  | -22.66 | 0.1176 | -0.2  | GAL | -   | -       | Em         |
| J0950+1804 | 17.705 | -21.37 | 0.1544 | 0.14  | GAL | -   | FSS     | LINER      |
| J1012+3932 | 17.343 | -22.02 | 0.1709 | -0.07 | GAL | BL? | BL Lac  | Abs        |
| J1018+3128 | 16.891 | -22.1  | 0.1614 | -     | GAL | BL? | BL Lac? | Abs        |
| J1020+6250 | 17.759 | -22.01 | 0.2496 | -0.28 | GAL | BL  | BL Lac  | Abs        |
| J1022+5124 | 17.574 | -21.57 | 0.1416 | -     | GAL | -   | -       | LINER      |
| J1028+0555 | 18.584 | -21.2  | 0.2336 | -     | GAL | BL? | BL Lac  | Abs        |
| J1028+1702 | 16.763 | -22.18 | 0.1691 | -0.58 | GAL | -   | -       | Abs        |
| J1033+4222 | 17.337 | -22.33 | 0.211  | -0.45 | GAL | BL? | BL Lac  | Abs        |
| J1041+1324 | 18.47  | -21.47 | 0.3748 | -0.48 | GAL | BL  | -       | Abs        |
| J1041+3901 | 17.179 | -22.26 | 0.2084 | -0.43 | GAL | BL? | BL Lac  | Abs        |
| J1048+5009 | 19.121 | -20.87 | 0.4025 | -     | GAL | BL? | BL Lac  | Abs        |
| J1052+4241 | 16.749 | -21.92 | 0.1362 | -0.2  | GAL | -   | FSS     | LINER      |
| J1053+4929 | 16.014 | -21.93 | 0.1405 | -0.29 | GAL | BL  | BL Lac  | Em         |
| J1056+0252 | 18.026 | -21.61 | 0.236  | -     | GAL | BL  | BL Lac  | Abs        |
| J1059+4343 | 18.728 | -21.75 | 0.4587 | -0.46 | GAL | BL? | -       | Abs        |
| J1100+4210 | 18.139 | -21.61 | 0.3229 | -     | GAL | BL? | BL Lac? | Abs        |
| J1103+0022 | 18.045 | -21.53 | 0.2745 | -0.37 | GAL | BL  | BL Lac  | Em         |
| J1105+4653 | 17.259 | -21.26 | 0.1125 | -0.25 | GAL | -   | -       | LINER      |
| J1108+0202 | 16.621 | -22.29 | 0.1576 | -0.36 | QSO | S1  | -       | S2.0/LINER |
| J1119+0900 | 17.504 | -22.8  | 0.3315 | -0.72 | GAL | -   | -       | Em         |
| J1121+4314 | 17.023 | -22.03 | 0.1854 | 0.05  | GAL | -   | -       | LINER      |
| J1124+5133 | 16.79  | -22.56 | 0.235  | -0.25 | GAL | BL  | -       | Em         |
| J1132+0515 | 16.181 | -21.76 | 0.1008 | 0.11  | GAL | S2  | -       | LINER      |
| J1136+2550 | 16.779 | -21.94 | 0.1544 | -     | GAL | BL  | BL Lac  | Em         |
| J1145-0340 | 17.11  | -22.07 | 0.1678 | -     | GAL | BL  | BL Lac  | Abs        |
| J1147+3501 | 14.581 | -22.2  | 0.0629 | 0.17  | GAL | S2  | FSS     | S1.8       |
| J1154+0238 | 17.841 | -21.66 | 0.2107 | -0.3  | GAL | S1  | FSS     | S1.8/LINER |
| J1154+1225 | 15.825 | -21.3  | 0.0811 | 0.55  | GAL | -   | FSS     | LINER      |
| J1156+4238 | 17.155 | -21.95 | 0.1716 | -     | GAL | BL  | BL Lac  | Abs        |
| J1157+2822 | 17.882 | -21.91 | 0.3    | -     | GAL | -   | -       | Abs        |
| J1158+2450 | 17.684 | -21.83 | 0.2026 | 0.06  | QSO | -   | FSS     | S1.8/LINER |
| J1200+4758 | 17.811 | -22.02 | 0.2695 | -0.87 | GAL | -   | -       | Em         |
| J1201-0007 | 16.868 | -22.13 | 0.1651 | -0.72 | GAL | BL? | -       | Abs        |
| J1201-0011 | 18.607 | -20.4  | 0.1637 | -     | GAL | -   | -       | Abs        |
| J1210+0223 | 18.044 | -22.38 | 0.3832 | -0.89 | GAL | -   | -       | Abs        |

Таблица 4 (Продолжение)

| 1          | 2      | 3      | 4      | 5     | 6   | 7   | 8       | 9          |
|------------|--------|--------|--------|-------|-----|-----|---------|------------|
| J1221+4742 | 17.504 | -21.99 | 0.2098 | -0.58 | GAL | BL? | BL Lac  | Abs        |
| J1221+0821 | 17.106 | -21.86 | 0.1318 | -0.48 | GAL | BL? | BL Lac? | Em         |
| J1223+4650 | 17.706 | -22.03 | 0.2605 | -     | GAL | BL? | -       | Abs        |
| J1226+2604 | 17.461 | -22.09 | 0.1761 | -     | GAL | BL  | BL Lac  | Abs        |
| J1233+5026 | 17.529 | -21.86 | 0.2068 | -0.51 | GAL | -   | FSS     | Em         |
| J1235+1700 | 18.767 | -21.36 | 0.3806 | -0.49 | GAL | -   | -       | Abs        |
| J1238+5406 | 17.338 | -22.18 | 0.2237 | -0.34 | GAL | BL  | BL Lac  | Abs        |
| J1243+5212 | 17.301 | -22    | 0.1998 | -0.26 | GAL | -   | -       | Abs        |
| J1253+0326 | 14.789 | -20.8  | 0.0657 | -0.25 | GAL | BL? | BL Lac  | Abs        |
| J1322+1344 | 18.724 | -21.5  | 0.3763 | -     | GAL | -   | -       | Abs        |
| J1323+0439 | 17.9   | -20.82 | 0.2244 | -0.36 | GAL | BL  | BL Lac  | Abs        |
| J1324+5739 | 15.811 | -22.55 | 0.1151 | -0.06 | GAL | BL  | -       | Em         |
| J1326+1229 | 17.395 | -21.99 | 0.2042 | -     | GAL | BL  | BL Lac  | Em         |
| J1331+5655 | 18.444 | -21.25 | 0.2701 | -     | GAL | BL? | BL Lac  | Abs        |
| J1341+3959 | 17.492 | -21.98 | 0.1714 | -0.56 | GAL | BL  | BL Lac  | Em         |
| J1341+3716 | 16.735 | -22.21 | 0.1745 | -0.35 | GAL | -   | FSS     | Abs        |
| J1346+2440 | 17.316 | -21.77 | 0.1675 | -0.05 | GAL | BL  | BL Lac  | Abs        |
| J1348+0756 | 17.07  | -22.28 | 0.2496 | -0.46 | GAL | -   | -       | Abs        |
| J1353+3741 | 16.769 | -22.17 | 0.2159 | -0.09 | GAL | BL  | BL Lac  | Abs        |
| J1424+3705 | 17.579 | -22.12 | 0.2896 | -0.64 | GAL | BL? | -       | Abs        |
| J1427+3908 | 18.277 | -21.06 | 0.1649 | -     | GAL | BL? | BL Lac  | Em         |
| J1428+3912 | 17.668 | -21.98 | 0.2583 | -0.48 | GAL | S1  | FSS     | LINER      |
| J1435-0055 | 18.17  | -21.53 | 0.2851 | -     | GAL | BL  | BL Lac  | Abs        |
| J1435+5815 | 18.339 | -21.43 | 0.3027 | -0.31 | GAL | BL  | -       | Abs        |
| J1436+4129 | 19.92  | -20.27 | 0.4035 | -0.26 | GAL | BL? | BL Lac  | Abs        |
| J1444+6336 | 18.497 | -21.43 | 0.2979 | -     | GAL | BL  | BL Lac  | Abs        |
| J1445+0039 | 17.927 | -21.86 | 0.3062 | -     | GAL | -   | -       | Em         |
| J1449+2746 | 18.162 | -21.58 | 0.2272 | -0.65 | GAL | BL  | FSS     | Em         |
| J1451+5800 | 18.821 | -21.54 | 0.4052 | -     | GAL | BL  | BL Lac  | Abs        |
| J1504-0248 | 16.591 | -21.65 | 0.2169 | -0.84 | GAL | S1  | Sy 1    | LINER      |
| J1506+0219 | 17.93  | -21.46 | 0.2202 | -     | GAL | -   | -       | Abs        |
| J1512+0203 | 17.648 | -21.54 | 0.2199 | -0.65 | GAL | S1  | Sy 1    | S1.8/LINER |
| J1516+0015 | 14.802 | -22.11 | 0.0526 | -0.41 | QSO | S3  | FSS     | S1.8/LINER |
| J1516+2918 | 16.323 | -22.15 | 0.1299 | -0.48 | GAL | BL? | -       | Abs        |
| J1518+4045 | 15.075 | -21.83 | 0.0652 | -0.36 | GAL | S1  | Sy 1    | S1.8/LINER |
| J1531+0852 | 16.883 | -22.11 | 0.1584 | -     | GAL | -   | -       | Abs        |
| J1531+4659 | 18.086 | -21.66 | 0.316  | -0.14 | GAL | BL? | BL Lac  | Abs        |
| J1532+3016 | 15.435 | -21.78 | 0.0653 | -0.05 | GAL | BL? | BL Lac? | Em         |
| J1532+3020 | 17.421 | -21.72 | 0.3621 | -0.28 | GAL | S3  | -       | LINER      |
| J1539+4143 | 15.287 | -22.89 | 0.1194 | -0.11 | GAL | BL? | -       | Em         |
| J1544+0458 | 18.372 | -21.46 | 0.3262 | 0.08  | GAL | ?   | BL Lac? | Abs        |
| J1544+5017 | 19.841 | -21    | 0.494  | 0.24  | GAL | -   | -       | Em         |
| J1552+3159 | 20.799 | -20.46 | 0.5843 | -     | GAL | -   | -       | Abs        |
| J1604+3345 | 17.229 | -21.64 | 0.1772 | -     | GAL | -   | -       | Abs        |
| J1616+3756 | 18.038 | -21.71 | 0.202  | -     | GAL | BL  | BL Lac  | Abs        |
| J1624+3726 | 17.363 | -21.81 | 0.1992 | -0.63 | GAL | BL  | -       | Abs        |
| J1628+2527 | 17.28  | -22.18 | 0.2199 | -0.6  | GAL | BL? | -       | Abs        |

Таблица 4 (Окончание)

| 1          | 2      | 3      | 4      | 5     | 6   | 7   | 8      | 9          |
|------------|--------|--------|--------|-------|-----|-----|--------|------------|
| J1637+4547 | 17.211 | -22.12 | 0.1922 | -0.69 | GAL | BL  | BL Lac | Em         |
| J1643+2131 | 18.881 | -20.52 | 0.1544 | -     | GAL | -   | -      | Abs        |
| J1644+4546 | 17.224 | -22.25 | 0.2246 | -0.41 | GAL | BL  | BL Lac | Em         |
| J1647+2909 | 16.102 | -22.25 | 0.133  | -0.66 | GAL | -   | -      | Em         |
| J1717+2931 | 18.061 | -21.3  | 0.278  | -     | GAL | -   | -      | S1.8/LINER |
| J1727+5510 | 17.203 | -22.09 | 0.2475 | 0.15  | QSO | S?  | FSS    | S1.8/LINER |
| J2054+0015 | 17.099 | -21.92 | 0.1508 | -0.02 | GAL | BL  | FSS    | Em         |
| J2055-0506 | 18.385 | -21.28 | 0.3425 | -0.07 | GAL | BL  | BL Lac | Em         |
| J2059-0037 | 18.802 | -21.23 | 0.3354 | -     | GAL | BL  | -      | Abs        |
| J2116-0628 | 18.495 | -21.42 | 0.2915 | -     | GAL | BL  | BL Lac | Abs        |
| J2211-0023 | 19.313 | -20.85 | 0.4479 | -     | GAL | BL  | BL Lac | Abs        |
| J2248-0036 | 17.337 | -22.12 | 0.2123 | -0.37 | GAL | BL  | BL Lac | Abs        |
| J2256+2618 | 17.139 | -21.64 | 0.1203 | 0.01  | QSO | S1  | Sy 1   | S1.5       |
| J2311-0946 | 19.844 | -21.07 | 0.4901 | -     | GAL | BL? | -      | Abs        |

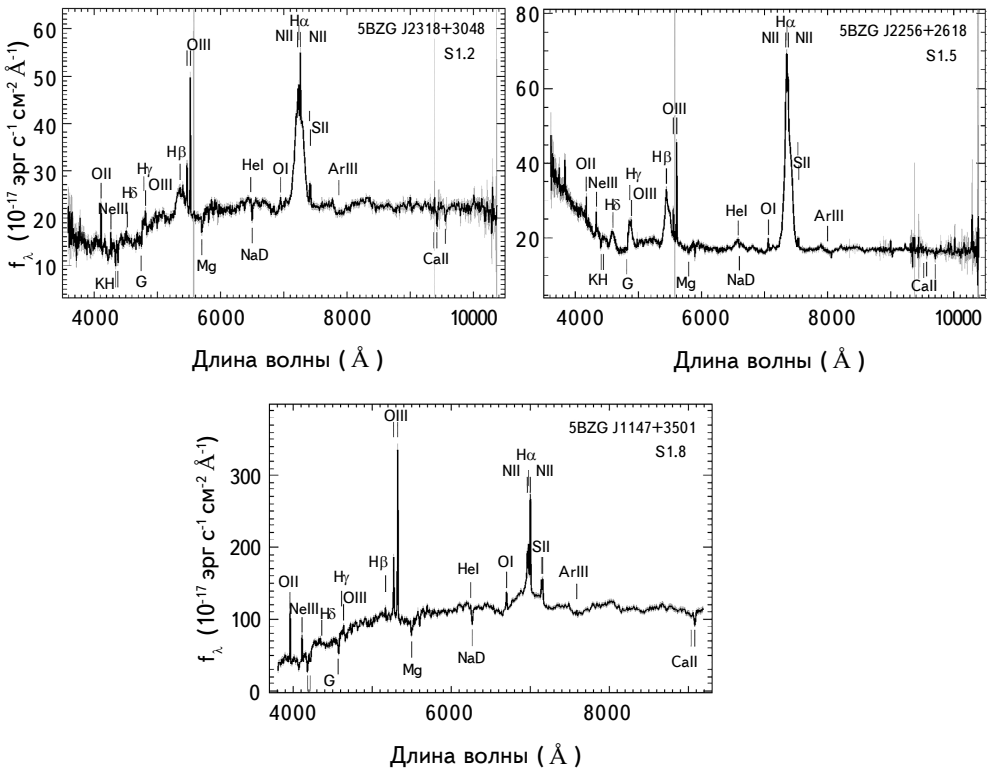


Рис.3. Сейферты.

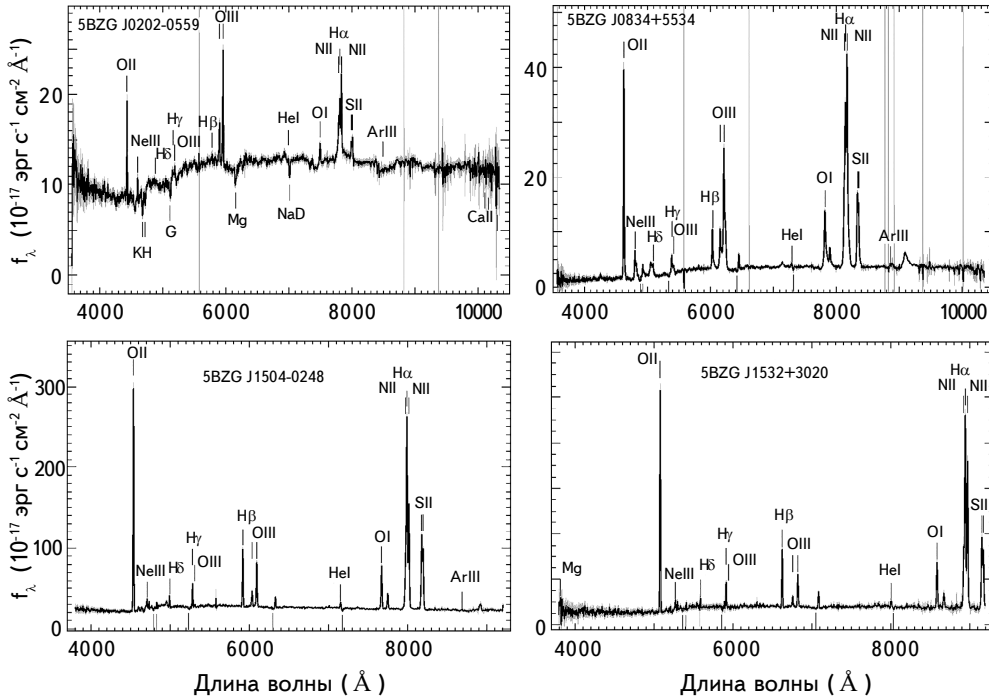


Рис.4. Лайнеры (LINERs).

4. *Радио/оптические свойства BZG.* Для наших объектов была рассчитана абсолютная звездная величина (для SDSS\_r диапазона), используя формулу:

$$M = m + 5 - 5 \log(D) - k + \Delta m(z), \quad (1)$$

где  $D$  - расстояние до объекта [10]. Параметры  $k$  и  $\Delta m(z)$  были взяты из работы Верон-Сетти и Верона [5]. Расстояния до объектов были рассчитаны, используя эти космологические параметры:  $H_0 = 71 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпс}^{-1}$ ,  $\Omega_M = 0.29$ ,  $\Omega_\Lambda = 0.71$  и оптический спектральный индекс  $\alpha = -0.3$  ( $S \sim 9^{-\alpha}$ ) [5].

Таблица 5

#### АБСОЛЮТНАЯ ЗВЕЗДНАЯ ВЕЛИЧИНА, РАДИОСПЕКТРАЛЬНЫЙ ИНДЕКС И КРАСНОЕ СМЕЩЕНИЕ ДЛЯ BZG ОБЪЕКТОВ

| Параметры объектов                    | Диапазон             | Среднее значение |
|---------------------------------------|----------------------|------------------|
| Абсолютная звездная величина (SDSS_r) | $-20.27 \div -22.89$ | -21.79           |
| Радио спектральный индекс             | $-0.97 \div 0.55$    | -0.34            |
| Красное смещение                      | $0.0274 \div 0.5843$ | 0.2235           |

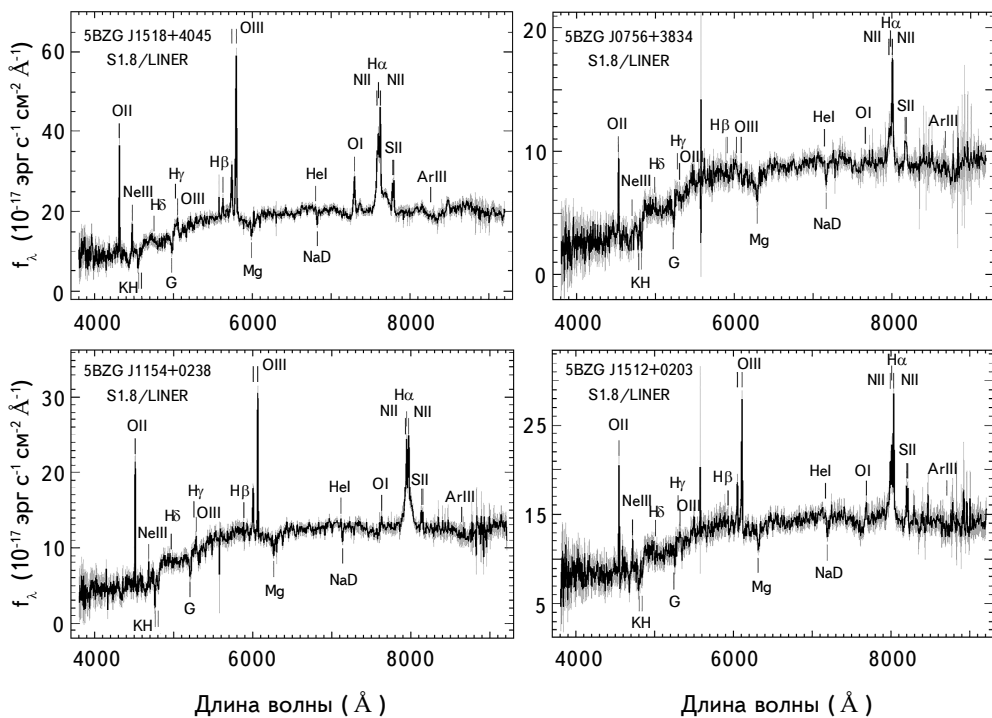


Рис.5. Объекты с составными спектрами (Composite spectrum objects).

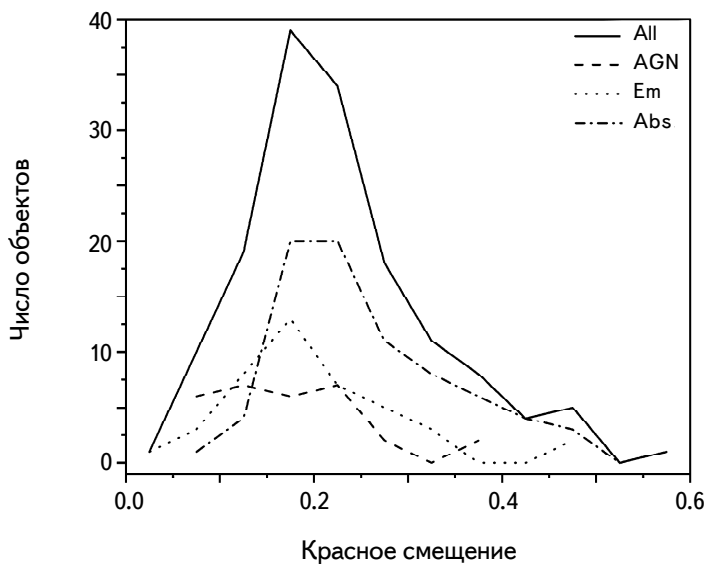


Рис.6. Распределение по красному смещению для 150 исследуемых объектов.

$$D = \frac{c}{H_0} (1+z) \int_0^z \left[ \Omega_M (1+z)^3 + \Omega_\Lambda \right]^{0.5} dz, \quad (2)$$

где  $z$  - красное смещение,  $k = -2.5 \log(1+z)^{1-\alpha}$  а  $\Delta m(z)$  поправка  $k$ , которая зависит от  $z$  [5].

В табл.5 даны наши расчеты по абсолютным звездным величинам. А также есть информация о радиоспектральных индексах, которые были взяты из каталога SPECFIND [11].

На рис.6 дано распределение по красному смещению для 150 исследуемых объектов.

Из табл.5 и рис.6 видно, что исследуемые объекты имеют красные смещения до 0.6. На рис.6, в класс AGN входят Лайнеры (LINER), Сейферты (S) и составные (Composite).

На рис.7 мы построили диаграмму зависимости звездной величины от цвета. Как и на рис.6, здесь (на рис.7) тоже в класс AGN входят Лайнеры

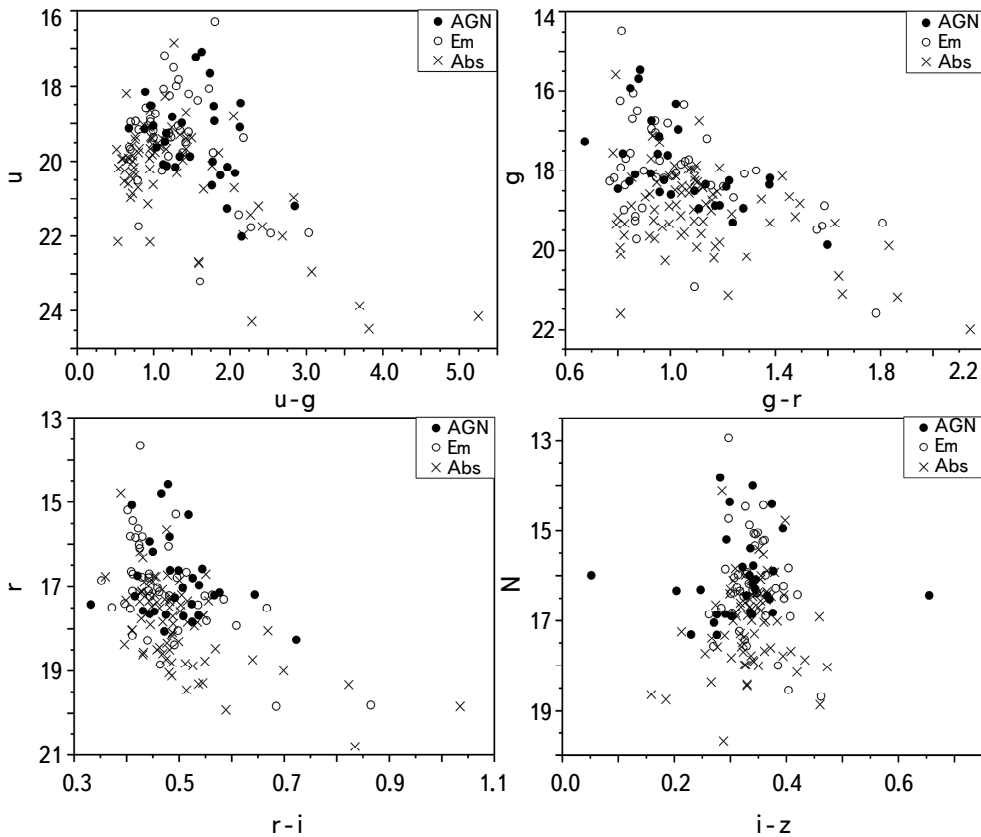


Рис.7. Зависимость звездной величины от цвета,

(LINER), Сейферты (S) и составные (Composite). На рисунке видно, что объекты, которые имеют абсорбционные спектры, в среднем отличаются от объектов, у которых спектры классифицированы как Em и AGN.

5. *Результаты.* Для выяснения оптической природы протяженных блазаров, были выбрали объекты BZG из каталога BZCAT. Из каталога SDSS для 150 из 274 BZG объектов имеются оптические спектры, для которых была проведена детальная спектральная классификация. На рис.3, 4 и 5 видно, что из 150 объектов 30 (20%) имеют качественные оптические спектры. Мы дали новую детальную спектральную классификацию для 149 объектов и лишь один объект остался с прежней классификацией как LINER.

Радио исследование показало, что из 150 объектов 104 имеют радио спектры. Из табл.5 видно, что эти объекты в основном имеют плоский радио спектр (69%). У таких объектов, в радио спектрах, значение радиоспектрального индекса меньше, чем  $\pm 0.5$ . С такими радио спектрами доминируют квазары, т.е. исследуемые объекты должны быть родственными, скорее всего Сейфертовскими галактиками (объекты, классифицированные как Em) и скрытыми AGN (объекты, классифицированные как Abs).

Из табл.3 видно, что из 150 объектов 78 имеют Abs спектры, хотя они в каталоге BZCAT представлены как BZG объекты. Наше детальное радио и оптическое исследование этих объектов показало, что у них радио потоки (1400 МГц, FIRST) в среднем составляют 0.16 часть оптического потока (SDSS\_r). А также из 78 объектов 66 являются источниками рентгеновского излучения. Это еще раз подтверждает наше предположение о том, что эти объекты могут являться скрытыми AGN.

Работа выполнена при поддержке Комитета по науке РА, в рамках исследовательского проекта No. 21AG-1C053 "Выявление ранних стадий эволюции галактик с помощью многоволнового изучения активных галактик (2021-2026) и гранта Национального фонда науки и образования Армении (ANSEF) PS-astroex-2597 "Поиск и исследование рентгеновских галактик высокой светимости (2022-2023).

НАН РА Бюраканская астрофизическая обсерватория им. В.Амбарцумяна (БАО), Армения, e-mail: abrahamyanhayk@gmail.com

OPTICAL CLASSIFICATION OF BZG OBJECTS FROM  
BZCAT BLAZAR CATALOGH.V.ABRAHAMYAN, A.M.MICKAELIAN, G.M.PARONYAN,  
G.A.MIKAYELIAN, A.G.SUKIASYAN

In the catalogue of blazars BZCAT, objects are divided into 4 types: BZB, BZQ, BZG and BZU. In this work we investigate BZG objects with a purpose of revelation of their physical nature. 150 out of 274 BZG objects have optical spectra in the SDSS spectroscopic catalog and a detailed spectral classification for these objects has been carried out. Radio study shows that these objects mainly (69%) have a flat radio spectrum. For such objects, in the radio spectra, the value for the radio spectral index is less than  $\pm 0.5$ . Objects with such radio spectra are dominated by quasars. However, with the increase of redshift, radio spectrum in average becomes steeper.

Keywords: *blazar: quasar: optical spectral classification: radio spectral index*

## ЛИТЕРАТУРА

1. *E.Massaro, A.Maselli, C.Leto et al.*, *Astrophys. Space Sci.*, **357**, 1, 2015.
2. *C.Hoffmeister*, *Astron. Nachr.*, **236**, 233, 1929.
3. *J.L.Schmitt*, *Nature*, **218**(5142), 663, 1968.
4. *R.Ahumada, C.Prieto, A.Almeida et al.*, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **249**, 1, id.3, 2020.
5. *M.P.Véron-Cetty, P.Véron*, *Astron. Astrophys.*, **518**, A10, 2010.
6. *D.E.Osterbrock*, *Proc. Texas Symposium on Relativistic Astrophysics*, 9th, Munich, West Germany, Dec 14-19, 1978, New York, New York Academy of Sciences, 22, 1980.
7. *A.M.Mickaelian, H.V.Abrahamyan, G.M.Paronyan et al.*, *Front. Astron. Space Sci.*, **7**, article 505043, 1-8, 2021.
8. *A.M.Mickaelian, H.V.Abrahamyan, G.A.Mikayelian et al.*, *ComBAO*, **69**, 10, 2022.
9. *A.E.Reines, J.E.Greene, M.Geha*, *Astron. J.*, **755**, 2, 2013.
10. *A.G.Riess, L.-G.Strolger, J.Tonry et al.*, *Astrophys. J.*, **607**, 665, 2004.
11. *Y.Stein, B.Vollmer, T.Boch et al.*, *Astron. Astrophys.*, **655**, id.A17, 28, 2021.